Untersuchungen über den Einfluß der Schlackenzusammensetzung auf das Gefüge grauer Eisenlegierungen.

Von der

Technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

Dissertation.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Leonhard Treuheit aus Düsseldorf.

Referent:
Professor E. Diepschlag.

Korreferent:
Professor Dr. phil. Fr. Sauerwald.

Tag der mündlichen Prüfung: 19. Februar 1931.

Düsseldorf
Gießerei-Verlag G. m. b. H.
1931

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Untersuchungen über den Einfluß der Schlackenzusammensetzung auf das Gefüge grauer Eisenlegierungen*).

Die chemische Zusammensetzung, die Art der metallischen Grundmasse, die Ausbildungsform und Menge sowie Verteilung des Graphits sind die wichtigsten Größen, die technischen Graugußlegierungen die bestimmenden Eigenschaften verleihen. Eine Beeinflussung der Eigenschaften gelingt durch Veränderung der Zusammensetzung, durch Hinzufügen neuer Legierungsbestandteile und durch Beobachtung thermischer Bedingungen. Mit diesen Möglichkeiten kann man beim Grauguß nicht nur die metallische Grundmasse, sondern auch die Ausbildungsform, die Menge und die Verteilung des Graphits verändern. Nur sehr wenig berücksichtigt wurde bisher die Erfahrung, daß während des Schmelzverlaufes ständig Wechselbeziehungen der Schlacke zur Metallschmelze vorhanden sind. Diese Wechselwirkungen können chemischer Natur sein, aber sie können auch durch physikalische Vorgänge zustande kommen. Darum liegt der Gedanke nahe, daß die Schlacken einen bestimmten Einfluß auf das Gußeisen, insbesondere auf die Graphitausbildung, haben können. Im Schrifttum finden sich eine große Anzahl Untersuchungen, die sich mit der Entstehung des Graphits aus der Schmelze und mit seiner Ausbildungsform in Abhängigkeit von den verschiedensten Größen, die bei der metallurgischen Verarbeitung eine Rolle spielen, beschäftigen, auf die hier verwiesen werden soll[1]) bis [12]). Alle dort angegebenen Veränderungsmöglichkeiten der Graphitbildung und -ausbildung treffen die wirklichen Verhältnisse der Graugußherstellung nur zum Teil. Auch hierüber finden sich Angaben im Schrifttum, die eine Beeinflussung der Graphitisation durch Schlacken erkennen lassen. K. v. Kerpely[13]) fand bei einem Gußeisen mit 3 bis 3,25% C bei Behandlung unter einer Oxyd-, Karbid- und zum Schluß hochaluminiumhaltigen Tonschlacke (Bauxit) bei entsprechender Ueberhitzung im Elektroofen äußerst feines Gefüge in temperkohleartiger Ausbildung. Zerzog[14]) weist auf die Möglichkeit des Schlackeneinflusses hin. Die vielumstrittene Umkehrkurve von Piwowarsky, die die Abhängigkeit des gebundenen Kohlenstoffgehaltes von der Ueberhitzungstemperatur angibt, wird von Bardenheuer und Zeyen[15]) als durch den Einfluß des Tiegelbaustoffes (der aus Schlackenanteilen besteht) geschehen erklärt. Weiter hat Norbury[16]) durch Hinzufügen von metallischem Natrium, kaustischer Soda oder anderen Zusätzen zur Schmelze Veränderungen des Graugusses erhalten. Die Wirkung dieser Zusätze soll darin bestehen, daß feste Teilchen in der Schmelze flüssig gemacht werden, die sonst wie bereits erstarrte Oxyde als Keime bei der Kristallisation wirken. — Vom Hochofen her ist bekannt, daß durch Kalkzusatz das Korn von Gießereiroheisen verändert werden kann. Dies soll auf den durch den Kalkzusatz veränderten Wärmehaushalt im Hochofen zurückzuführen sein. Die Verunreinigungen von Blei und Zink im Hochofen erbrachten öfters feinkörnigen Graphit. Diese Erscheinung wird durch den größeren Wärmebedarf erklärt, der zur Verdampfung dieser Elemente erforderlich ist. Zinkoxyd kann aber auch auf das Roheisenbad einen oxydierenden Einfluß ausüben[17]). Piwowarsky[18]) gibt auch einen Einfluß der Schlackenzusammensetzung auf die Graphitabscheidung und -ausbildungsform zu, der auf Oxydations- oder Reduktionsvorgänge zurückzuführen sei. Aus Arbeiten von E. Diepschlag[19]) geht hervor, daß unter Tonerdeschlacken im magnesitausgekleideten Tiegel bei geeigneten Abkühlungsverhältnissen der Graphit nadelig wurde, während ohne Schlacke wurmartiger Graphit entstand. Unter kalkreichen Schlacken konnte zunehmende Neigung zur Weißerstarrung des Gußeisens festgestellt werden. Diese Angaben wurden zum Anlaß nachstehender Untersuchungen, in denen festgestellt werden soll, ob bei gleichem Ausgangswerkstoff, gleichen thermischen Bedingungen und gleichen übrigen Versuchsbedingungen Bestandteile der Schlacken die Ausscheidung und die Ausbildungsform des Graphits beeinflussen.

Ueber die Anwendung synthetischer Schlacken und Besprechung der Versuchseinrichtung.

Bei Schlackenuntersuchungen ist man vor die Frage gestellt, ob man zu Versuchen bereits gefallene Schlacken oder eine Schlacke verwenden soll, die aus den Komponenten synthetisch zusammengestellt worden ist. In der Praxis werden die Schlacken erst während des Schmelzvorganges gebildet. Obwohl der Schmelzverlauf in einem Kupolofen z. B. anders sein kann als in dem bei diesen Versuchen zur Anwendung gekommenen Kruppschen Kryptolwiderstands-

*) Auszug aus dieser Arbeit in „Die Gießerei" 18 (1931) S. 705.

[1]) Metallurgie 3 (1906).
[2]) Ferrum 14 (1916/17).
[3]) Stahl u. Eisen 46 (1926) S. 918/28.
[4]) Stahl u. Eisen 40 (1920) S. 723/24.
[5]) Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 10 (1921) S. 273.
[6]) Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ. 19 (1930) Series I.
[7]) Stahl u. Eisen 26 (1906) S. 1295 und 1386.
[8]) Met. 6 (1909) S. 512/31.
[9]) Met. 6 (1909) S. 731.
[10]) Piwowarsky: Hochwertiger Grauguß, Verlag Springer, 1929.
[11]) Foundry Tr. Journ. 36, S. 303; 37, S. 234; Stahl u. Eisen 48 (1928) S. 693.
[12]) Sc. Rep. Tôhoku Imp. Univ. S. 133; s. a. Foundry Tr. Journ. 31, S. 239; Die Gießerei 12 (1925) S. 364; Stahl u. Eisen 45 (1925) S. 1672.
[13]) Gieß.-Ztg. 23 (1926) S. 446.
[14]) Gieß.-Ztg. 23 (1926) S. 420.
[15]) Mitt. K.-W.-Inst. Eisenforsch. 10, S. 23; Die Gießerei 15 (1928) S. 1124.
[16]) J. Iron Steel Inst. Nr. I, Vol. CXIX, 1929.
[17]) Stahl u. Eisen 50 (1930) S. 663.
[18]) Gieß.-Ztg. 23 (1926) S. 446.
[19]) Die Gießerei 16 (1929) S. 822.

ofen, so kann die Verwendung der synthetischen Schlacken doch verantwortet werden. Die Schlackenanalyse reicht nämlich allein nicht aus, um ihren Einfluß zu bestimmen. Hierzu wäre die Kenntnis der Schlackenkonstitution erforderlich bei gleichzeitiger Angabe des molekularen Aufbaues und des Dissoziationsgrades. Man hat zwar einige Konstituenten, z. B. Kalziummetasilikat oder das Kalziumbisilikat, in kalten Schlacken feststellen können, aber aus ihnen auf den molekularen Aufbau und auf das Vorhandensein anderer chemischer Verbindungen sowie auf den Dissoziationsgrad im Schmelzfluß schließen zu wollen, läßt die Thermodynamik nicht zu. Weiterhin spricht für die Verwendung der synthetischen Schlacken der eigene Versuch. In früheren Arbeiten, die mit den eben als Beispiel angegebenen Teilkonstituenten ($CaOSiO_2$, $2\,CaOSiO_2$) ausgeführt wurden, zeigte es sich, daß

× 250

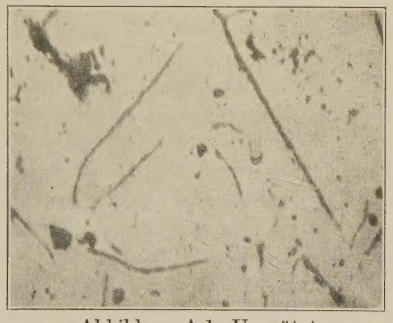

Abbildung A 1. Ungeätzt.

× 250

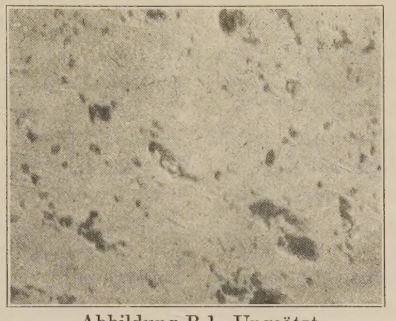

Abbildung B 1. Ungeätzt.

× 250

Abbildung C 1. Ungeätzt.

kein Unterschied zwischen dem Einfluß der genannten Schlackenkonstituenten und dem der einfach gemischten Schlackenkomponenten auf das Gußeisenbad vorhanden ist. Um Entmischungen beim Zusammengeben der Schlackenanteile zu verhüten, wurden die einzelnen Schlacken vorher eingeschmolzen, und bei den Schlacken, wo infolge des hohen Kalkgehaltes ein Zerfall der Schlacke zu erwarten war, wurde Abschreckung vorgenommen. Hiernach konnte die feingemahlene Schlacke in den Tiegel eingebracht werden. Um die Wechselbeziehungen von Schlacken- und Eisenbad

× 250

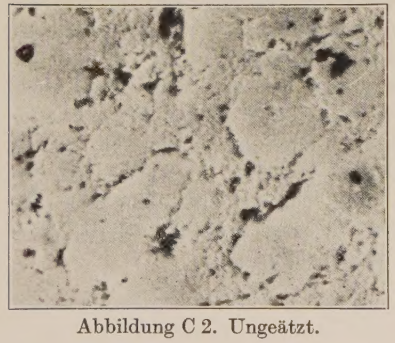

Abbildung C 2. Ungeätzt.

× 250

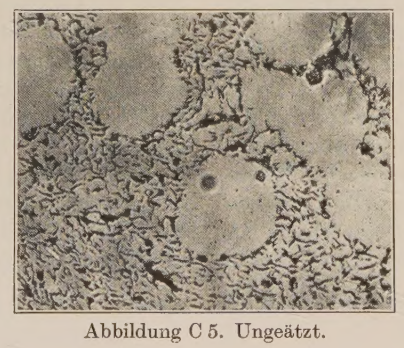

Abbildung C 5. Ungeätzt.

× 250

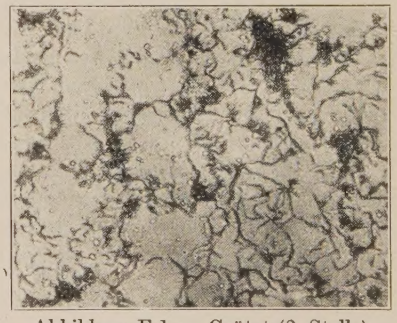

Abbildung E $1\,g_2$. Geätzt (2. Stelle).

einigermaßen übersehen zu können, wurden nur die Hauptbestandteile Kalk, Kieselsäure und Tonerde auf ihren Einfluß untersucht.

Versuchsanordnung.

Als Ofen diente der Kruppsche Kryptol-Widerstandsofen. In ihn wurden Graphittiegel von 2 kg Fassungsvermögen eingesetzt. Um eine Beeinflussung des Bades durch den Graphitgehalt des Tiegels zu vermeiden, wurden diese gründlich in oxydierender Flamme gebrannt und dann sorgfältig ausgekleidet. Zur Auskleidung dienten Magnesit, geschlämmte Tonerde und saurer Klebsand hohen Reinheitsgrades. Leerversuche zeigten, daß so vorbehandelte Tiegel keinen Einfluß auf die Zusammensetzung des Roheisens aufwiesen. Die erforderliche genaue Temperatureinstellung erfolgte durch ein Platin-Platinrhodium-Thermoelement, welches in der Tiegelwandung untergebracht war. Die durch diese Anordnung hervorgerufene größere Trägheit des Thermoelementes wurde berücksichtigt und durch Eichung der wahre Temperaturwert im Bade selbst ermittelt. Nach genauer Anheizzeit und Versuchsdauer wurden die Tiegel aus dem Ofen genommen und nach kurzem Abstehen der Inhalt zu einer Probe ausgegossen. Bei dem Abstehenlassen sank die Temperatur auf Gießtemperatur, die dadurch ermittelt wurde, daß in der Form des Probekörpers ein zweites Thermoelement mit eingeformt war. Die Gußform, mit Modellsand gestampft und bei 400° scharf getrocknet, blieb ungeschwärzt, um eine Keimwirkung auf die Graphitbildung zu vermeiden. Die Ofengase wurden in Stichproben entnommen und analysiert und im Zusammenhang mit den übrigen Einflüssen auf das Bad betrachtet.

Vorversuche.

Diese erstreckten sich vor allem auf die Ermittlung des Abbrandes in den verschieden ausgekleideten Graphittiegeln. Es zeigte sich, daß der Abbrand bei einer Fehlergrenze von $\pm 3\,\%$ im Mittel 12 bis 13 % des Kohlenstoffgehaltes betrug und daß er bei den einzelnen Auskleidungen fast gleich war. Unter Schlacken ist der prozentuale Abbrand an Kohlenstoff geringer. Sie wirken schützend gegen die Ofenatmosphäre.

Versuchsreihen.

Folgende Gruppen von Versuchen gelangten zur Ausführung:

A. Einfluß verschiedener Schlackenzusammensetzungen auf das Roheisen im magnesitausgekleideten Tiegel. Schmelze A 1 bis A 6.

B. Einfluß von Kieselsäure-Kalk-Schlacken im sauer ausgefütterten Tiegel. Schmelze B 1 bis B 10.

C. Einfluß von Tonerde-Kalk-Schlacken in mit Tonerde ausgekleidetem Tiegel. Schmelze C 1 bis C 9.

Zahlentafel 1.

Gruppe und Nr. der Schmelzen	Tiegelbaustoff Graphittiegel ausgekleidet mit	Analysen des Eisens *vor* und nach der Schmelzung								Abnahme an			Zunahme an			Bemerkungen
		C	Graphit	Graphit in % vom Ges.-C	Si	Si + C	Mn	P	S	C	Si	S	C	Si	S	
		%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
—	—	*3,94*	*3,04*	*77,20*	*2,99*	*6,93*	*0,63*	*0,094*	*0,027*	—	—	—	—	—	—	
A 1	Magnesit	3,80	2,94	77,40	3,20	7,00	0,64	0,089	0,023	0,14	—	—	—	0,21	—	
A 2	Magnesit	3,54	2,68	77,60	3,20	6,68	0,64	0,090	0,020	0,40	—	—	—	0,15	—	
A 3	Magnesit	3,97	3,20	80,70	2,67	6,64	0,65	0,096	0,007	—	0,32	0,020	0,03	—	—	
A 4	Magnesit	4,03	3,44	85,30	2,82	6,85	0,65	0,090	0,006	—	0,17	0,021	0,09	—	—	
A 5	Magnesit	4,14	3,41	82,40	2,52	6,66	0,62	0,094	0,003	—	0,47	0,024	0,20	—	—	
A 6	Magnesit	3,77	3,28	87,00	2,39	6,16	0,63	0,088	0,003	0,17	0,60	0,022	—	—	—	
—	—	*3,85*	*3,10*	*80,50*	*3,10*	*6,95*	*0,65*	*0,094*	*0,026*	—	—	—	—	—	—	
B 1	Klebsand	3,38	2,39	76,20	3,72	7,10	0,60	0,110	0,024	0,47	—	—	—	0,62	—	
B 2	Klebsand	3,38	2,20	65,20	2,50	5,88	0,55	0,090	0,028	0,47	0,60	—	—	—	—	
B 3	Klebsand	3,67	2,50	69,20	2,94	6,61	0,50	0,093	0,026	0,18	0,16	—	—	—	—	
B 4	Klebsand	3,43	3,07	89,20	2,83	6,26	0,55	0,090	0,042	0,42	0,27	—	—	—	0,016	
B 5	Klebsand	3,27	2,65	81,00	3,65	6,92	0,55	0,110	0,028	0,58	—	—	—	0,45	—	
B 6	Klebsand	3,40	2,80	82,40	2,76	6,16	0,54	0,087	0,049	0,45	0,34	—	—	—	0,023	
B 7	Klebsand	3,59	3,00	83,60	2,97	6,56	0,48	0,101	0,040	0,26	0,13	—	—	—	0,014	
B 8	Klebsand	3,70	3,00	81,20	3,12	6,82	0,51	0,094	0,035	0,15	—	—	—	0,02	0,009	
B 9	Klebsand	3,72	2,90	78,00	2,52	6,24	0,62	0,090	0,011	0,13	0,58	0,014	—	—	—	
B 10	Klebsand	3,65	2,86	78,40	3,18	6,82	0,52	0,090	0,014	0,20	—	0,012	—	0,08	—	
—	—	*4,06*	*2,98*	*73,40*	*2,87*	*6,93*	*0,60*	*0,094*	*0,028*	—	—	—	—	—	—	
C 1	Tonerde	3,47	2,84	79,50	3,58	7,05	0,62	0,100	0,035	0,59	—	—	—	0,71	0,007	
C 2	Tonerde	3,50	2,64	75,40	2,14	5,64	0,62	0,083	0,013	0,56	0,73	—	—	—	0,021	
C 3	Tonerde	3,73	3,04	81,50	2,67	6,40	0,59	0,090	0,018	0,33	0,20	0,01	—	—	—	
C 4	Tonerde	3,67	3,01	82,00	2,66	6,33	0,57	0,090	0,030	0,39	0,21	—	—	—	0,002	
C 5	Tonerde	3,65	2,96	81,20	2,45	6,10	0,64	0,107	0,013	0,41	0,42	0,015	—	—	—	
C 6	Tonerde	3,85	2,98	77,50	2,62	6,47	0,66	0,087	0,013	0,21	0,25	0,015	—	—	—	
C 7	Tonerde	3,72	2,90	78,00	2,52	6,24	0,62	0,090	0,012	0,34	0,35	0,016	—	—	—	
C 8	Tonerde	3,80	3,00	79,00	2,68	6,48	0,62	0,090	0,012	0,26	0,19	0,016	—	—	—	
C 9	irrt. Klebs.	3,65	3,00	82,20	2,80	6,45	0,60	0,089	0,025	0,41	0,07	0,003	—	—	—	
—	—	*3,85*	*3,10*	*80,50*	*3,10*	*6,95*	*0,65*	*0,094*	*0,026*	—	—	—	—	—	—	
D al	Klebsand	3,23	3,02	93,50	2,89	6,12	0,60	0,086	0,049	0,62	0,21	—	—	—	0,023	
D zn	Klebsand	3,40	3,16	93,00	2,52	5,92	0,60	0,090	0,046	0,45	0,58	—	—	—	0,020	
D 1	Tonerde	2,95	1,65	56,00	2,42	5,37	0,61	0,079	0,042	—	0,42	—	0,06	—	0,008	Schmelzen D 1 bis D 4 wurden gattiert auf: 2,89% C, 2,84% Si, 0,64% Mn, 0,085% P, 0,034% S.
D 2	Tonerde	2,60	1,50	57,70	2,30	4,90	0,46	0,078	0,043	0,29	0,54	—	—	—	0,009	
D 3	Klebsand	2,70	1,34	49,70	2,36	5,06	0,59	0,080	0,029	0,19	0,48	0,005	—	—	—	
D 4	Klebsand	3,40	2,40	70,60	2,13	5,53	0,62	0,081	0,012	—	0,71	0,014	0,51	—	—	
E 1	Klebsand	3,63	2,84	78,25	2,62	6,25	0,62	0,088	0,043	0,22	0,48	—	—	—	0,017	
E 2	Klebsand	3,59	2,52	76,25	2,68	6,27	0,58	0,088	0,042	0,26	0,42	—	—	—	0,016	
E 3	Tonerde	3,35	2,93	87,50	3,09	6,44	0,60	0,100	0,020	0,50	—	0,006	—	—	—	
E 4	Tonerde	3,52	2,94	83,50	3,34	6,86	0,61	0,091	0,026	0,33	—	—	—	0,24	—	
—	—	*4,11*	*3,10*	*75,50*	*3,10*	*7,21*	*0,66*	*0,066*	*0,018*	—	—	—	—	—	—	
F 1	Tonerde	3,66	2,52	69,00	2,66	6,32	0,64	0,072	0,009	0,45	0,44	0,009	—	—	—	
F 2	Klebsand	3,45	2,70	79,40	3,25	6,65	0,48	0,071	0,033	0,67	—	—	—	0,15	0,015	
—	—	*4,00*	*3,16*	*79,00*	*3,15*	*7,15*	*0,67*	*0,085*	*0,021*	—	—	—	—	—	—	
F 3	Klebsand	3,80	2,54	66,80	3,39	7,19	0,87	0,093	0,019	0,20	—	0,003	—	0,24	—	
F 4	Magnesit	4,00	2,82	70,50	2,83	6,83	1,00	0,094	0,013	—	0,32	0,008	—	—	—	
F 5	Magnesit	3,57	2,27	66,60	2,64	6,21	0,93	0,091	0,015	0,43	0,51	0,006	—	—	—	
F 6	Tonerde	3,80	2,52	66,30	3,24	7,04	0,96	0,086	0,062	0,20	—	0,009	—	0,09	—	
F 7	Tonerde	3,52	2,76	78,40	3,10	6,62	0,64	0,096	0,010	0,48	0,05	0,011	—	—	—	
F 8	Tonerde	3,92	3,40	87,00	3,35	7,27	0,64	0,086	0,009	0,08	—	0,012	—	0,20	—	
K 1	Klebsand	3,65	0,96	26,30	3,05	6,70	0,49	0,090	0,050	0,35	0,10	—	—	—	0,009	
K 2	Tonerde	4,22	2,85	69,50	2,85	7,07	0,66	0,112	0,007	—	0,30	0,014	0,22	—	—	

D. Versuche zur Ermittlung des Schlackeneinflusses bei niedrigen Gehalten an Kohlenstoff und Silizium. Schmelze D 1 bis D 4.
Das Verhalten des Roheisens bei Zusatz von Aluminium und Zink. Schmelze D al, D zn.

E. Das Verhalten von Kieselsäure-Tonerde-Schlacken. Schmelze E 1 und E 2 in Klebsandauskleidung, Schmelze E 3 und E 4 in Tonerdeauskleidung.

F. Prüfung der Versuchsergebnisse an einer anderen Roheisensorte. Schmelze F 1 und F 2.

G. Prüfung der Versuchsergebnisse unter Anwendung einer vorhandenen, bereits gefallenen Schlacke. Schmelze F 3 bis F 8.

K. Abschreckversuche zur Ermittlung, ob unterschiedliches Gefüge bereits bei höheren Temperaturen vorliegt. Die Versuchswerte sind in Zahlentafel 1, 2, 3 und 4 enthalten.

Besprechung der Versuche:

Die Versuche ohne Schlackenaufgabe A 1 (Abb. A 1) zeigen im Gefügeaufbau grobnadeligen Graphit. Ebenso verhalten sich die Proben ohne Schlackenaufgabe der Gruppe B und C (Abb. B 1, C 1). Bei den Schmelzen unter Gruppe A, die im magnesitausgekleideten Tiegel vorgenommen wurden, zeigen die Analysen an, daß eine starke Magnesiumoxydaufnahme stattgefunden hat, die bis zu 39% beträgt. Wegen dieses unterschiedlichen Magnesiumgehaltes ist es unmöglich,

ein Urteil über den etwaigen Einfluß der Schlacke auf das Bad abzugeben.

Die unter B erschmolzenen Proben wurden im sauer ausgekleideten Tiegel vorgenommen. Diese Auskleidung ist sehr dicht und selbst bei höherem Kalkgehalt äußerst widerstandsfähig. Bei Schmelzen der Gruppe B ist die Zusammensetzung von Kieselsäure und Kalk in der Endschlacke fast stets die gleiche. Es stellt sich immer ein Kieselsäuregehalt von 50 bis 66 % ein. (51,8 % SiO_2 entspricht der Zusammensetzung CaO SiO_2 Pseudowollastonit). Die Veränderungen, die infolge der Schlackenaufgabe im Eisenbade vor sich gehen, sind etwa folgende: Der Kohlenstoffgehalt bei Probe B 3 ist höher als der in der Schmelze B 1, sinkt aber mit zunehmendem Säuregehalt in der Schlacke auf diesen Wert zurück, eine Folge des Massenwirkungsgesetzes. Mit zunehmendem Säuregehalt nimmt der Graphitanteil durchschnittlich etwas zu. Der Gefügeaufbau dieser Gruppe von Schmelzen zeigt groben, nadeligen, bisweilen punktartigen Graphit mit perlitischer Grundmasse. Die Randzonen sind etwas gröber als die Mitten. Bei dieser Gelegenheit wurde durch Vorwärmung der Formen zu ermitteln versucht, ob diese Erscheinung infolge einer Wärmestauung durch die Form oder etwa durch eine Keimwirkung durch die Sandteilchen zu erklären ist (Schmelze B 7 bis B 10). Das Ergebnis ist folgendes: Die Vorwärmung der Form läßt die Erscheinung der gröberen Abscheidung am Rande der Proben nicht verschwinden, noch verstärkt sie sie. Die Verteilung wird aber doch gleichmäßiger. Man kann eine Keimwirkung wohl zur Erklärung annehmen.

Es ergibt sich daraus:

1. Ueberhitzung im Temperaturbereich von 1500 bis 1580° bei einer Versuchsdauer von 20 min verändert unter der in Zahlentafel 3 angegebenen Gasphase das Ursprungsroheisen nur insofern, als die auch dort vorhandene grobnadelige Graphitausbildung in perlitischer Grundmasse durch das Umschmelzen feiner und gleichmäßiger wird.
2. Bei Schlackenaufgabe sind Aenderungen möglich, aber bei Verwendung von Magnesitauskleidung für die Tiegel nicht eindeutig zu erkennen.
3. Im sauer ausgekleideten Tiegel und bei Schlacken, die nur aus Kieselsäure und Kalk bestehen, zeigt sich stets mit geringfügigen Aenderungen in der Größe immer dieselbe Gefügeausbildung wie in den Ausgangschmelzen ohne Schlackenaufgabe.

Zahlentafel 2.

Gruppe und Nr. der Schmelzen	Schlackenzusammensetzung *vor* und nach der Schmelzung (Wo keine Werte angegeben, fand keine Schlackenaufgabe statt)								Bemerkungen
	SiO_2 %	CaO %	Al_2O_3 %	Glühverlust %	FeO %	P_2O_5 %	MgO %	MnO %	
A 1	—	—	—	—	—	—	—	—	
A 2	—	—	—	—	—	—	—	—	
A 3	*25,90*	*70,15*	—	*3,40*	—	—	—	—	
A 3	22,30	28,30	0,50	0,75	5,13	0,153	39,00	—	
A 4	*36,05*	*61,00*	—	*1,80*	—	—	—	—	
A 4	30,42	30,90	0,50	0,21	7,20	0,080	26,50	0,31	
A 5	—	*67,00*	*32,00*	—	—	—	—	—	
A 5	7,26	31,90	29,75	0,07	4,50	0,022	21,90	0,29	Tiegel angegriffen
A 6	—	*67,00*	*32,00*	—	—	—	—	—	
A 6	10,27	55,20	29,80	0,28	1,15	—	1,28	0,29	
B 1	—	—	—	—	—	—	—	—	
B 2	*24,72*	*74,80*	—	—	—	—	—	—	
B 2	51,54	41,98	—	0,38	1,40	0,075	—	0,80	
B 3	*35,54*	*60,10*	—	—	—	—	—	—	
B 3	50,84	39,95	—	0,77	4,31	0,06	—	0,97	
B 4	*44,25*	*51,60*	—	—	—	—	—	—	
B 4	54,94	39,95	0,10	1,02	1,20	0,052	—	0,96	
B 5	*65,20*	*36,60*	—	—	—	—	—	—	
B 5	61,58	32,10	—	0,08	2,50	0,044	—	0,72	
B 6	*67,00*	*31,30*	—	—	—	—	—	—	
B 6	66,00	29,42	0,20	—	1,65	0,05	—	0,80	
B 7	*53,50*	*46,50*	—	—	—	—	—	—	
B 7	63,20	29,50	1,89	0,36	2,76	0,035	—	1,20	vorgewärmte Form auf 205°
B 8	*49,00*	*47,20*	*0,30*	—	—	—	—	—	
B 8	60,44	34,34	1,80	—	2,25	0,020	—	1,16	„ 340°
B 9	*50,90*	*45,80*	—	—	—	—	—	—	
B 9	56,42	39,55	—	—	2,68	0,035	—	0,74	„ 500°
B 10	*51,00*	*45,10*	*1,40*	—	—	—	—	—	
B 10	73,70	20,40	3,20	—	1,29	0,018	—	0,58	„ 700°
C 1	—	—	—	—	—	—	—	—	
C 2	—	*76,60*	*22,18*	*1,20*	—	—	—	—	
C 2	4,00	59,50	24,30	9,50	0,40	0,05	—	0,06	
C 3	—	*45,45*	*49,40*	*3,20*	—	—	—	—	
C 3	5,07	39,70	55,40	—	0,89	—	—	0,09	
C 4	—	*27,40*	*69,65*	*2,75*	—	—	—	—	
C 4	7,24	24,30	64,60	0,08	—	0,044	—	—	
C 5	*0,64*	*47,70*	*50,80*	*1,45*	—	—	—	—	
C 5	4,10	44,00	45,40	—	5,69	0,05	—	—	vorgewärmte Form auf 195°
C 6	—	*47,60*	*50,60*	—	—	—	—	—	
C 6	6,28	43,20	45,70	—	3,12	0,026	—	—	„ 340°
C 7	*0,77*	*46,20*	*51,20*	*2,63*	—	—	—	—	
C 7	4,56	42,50	41,35	—	8,70	0,048	—	—	„ 500°
C 8	—	*48,20*	*50,75*	—	—	—	—	—	
C 8	6,36	40,29	49,45	—	2,60	0,042	—	—	„ 700°
C 9	*1,15*	*47,50*	*50,70*	—	—	—	—	—	
C 9	16,65	36,51	36,85	—	7,50	0,041	—	—	„ 340°
D al	—	—	—	—	—	—	—	—	
D zn	—	—	—	—	—	—	—	—	
D 1	—	—	—	—	—	—	—	—	
D 2	*0,55*	*45,13*	*54,30*	—	—	—	—	—	
D 2	4,70	37,27	56,20	—	0,90	—	—	0,32	
D 3	—	—	—	—	—	—	—	—	
D 4	*50,52*	*47,10*	—	—	—	—	—	—	
D 4	55,88	38,25	0,50	—	3,00	—	—	2,05	
E 1	*10,50*	—	*87,55*	—	—	—	—	—	
E 1	11,68	—	85,30	0,22	2,45	0,085	—	—	
E 2	*23,13*	—	*74,89*	—	—	—	—	—	
E 2	20,38	0,50	74,92	0,10	0,60	0,050	—	0,30	
E 3	*63,60*	—	*35,50*	—	—	—	—	—	
E 3	52,50	—	40,12	1,58	4,80	0,050	—	0,50	
E 4	*51,00*	—	*44,82*	—	—	—	—	—	
E 4	65,88	—	32,34	0,10	0,95	0,041	—	0,06	

4. Die Gehalte an Kohlenstoff und Silizium ändern sich nicht wesentlich unter diesen Schlacken.
5. Bei verschiedenen Vorwärmungen der Form unter gleicher Schlacke bleibt das Gefüge ebenfalls dasselbe wie das ohne Vorwärmung erhaltene. Die Verteilung des Graphits ist gleichmäßiger bei höherer Vorwärmtemperatur.

Zahlentafel 2 (Fortsetzung).

Gruppe und Nr. der Schmelzen	Schlackenzusammensetzung *vor* und nach der Schmelzung (Wo keine Werte angegeben, fand keine Schlackenaufgabe statt)								Bemerkungen
	SiO_2 %	CaO %	Al_2O_3 %	Glühverlust %	FeO %	P_2O_5 %	MgO %	MnO %	
F 1	*0,64*	*42,60*	*56,70*	—	—	—	—	—	
F 1	4,45	38,10	57,12	—	—	0,052	—	—	
F 2	*53,40*	*45,40*	*1,35*	—	—	—	—	—	
F 2	61,28	28,90	—	—	6,83	0,068	—	2,19	
F 3	*34,76*	*37,40*	*7,40*	*0,15*	*2,00*	*0,055*	*10,55*	*6,12*	
F 3	66,32	18,38	8,10	—	1,75	0,015	1,50	1,93	
F 4	*Schlacke F 3 + 10% CaO*								
F 4	22,74	42,25	7,05	0,10	2,80	0,015	23,20	1,31	
F 5	*Schlacke F 3 + 20% CaO*								
F 5	21,70	50,22	7,80	—	4,45	0,065	13,73	1,20	
F 6	*Schlacke F 3 + 20% Al_2O_3*								
F 6	24,66	23,60	48,30	—	1,35	0,010	—	1,42	
F 7	—	*40,00*	*60,00*	—	—	—	—	—	
F 8	*1,18*	*48,80*	*49,80*	—	—	—	—	—	
K 1	*52,00*	*47,00*	—	—	—	—	—	—	
K 1	57,20	36,50	2,80	—	2,05	—	—	1,06	
K 2	—	*40,00*	*60,00*	—	—	—	—	—	
K 2	15,48	39,30	40,55	—	4,20	0,045	—	—	

Im Gegensatz zu diesem Befund stehen Schmelzen unter Tonerde-Kalk-Schlacken. Bei ihnen ist deutlich ein Unterschied in der Graphitbildung und der Grundmasse vorhanden. Sie besteht aus einer inselförmigen Anordnung der Mischkristalle, neben die feineutektischer Graphit und bisweilen Perlit gelagert ist (s. Abb. C 2). Die chemische Analyse läßt erkennen, daß infolge der Basizität der Schlacke Silizium, Silizium + Kohlenstoff und der Graphitgehalt gegenüber der Ausgangsschlacke abgenommen haben. Bei zunehmendem Tonerdegehalt in der Schlacke steigen diese Werte wieder an. Die Unterschiede in den Gehalten zwischen Gruppe B und C sind gering. Um genauer festzustellen, ob bei Kalk-Tonerde-Schlacken immer die gefundene Aenderung des Gefüges auftritt, wurden bei gleichzeitiger Vorwärmung der Form auf verschiedene Temperaturen die Schmelzen C 5 bis C 8 hergestellt. Abb. C 5 zeigt wieder die feine Ausbildung. Es ist weiterhin verfolgt worden, ob die Aenderung in der Gefügeausbildung auch bei niedrigeren Gehalten an Kohlenstoff und Silizium vorhanden ist. Nach den Schmelzen D 1 bis D 4 ist bei niedrigen Gehalten, die der Zusammensetzung nach in das Gebiet perlitischen Gußeisens beim Gußeisendiagramm nach Maurer fallen, der Einfluß der Schlackenänderung auf das Gefüge nicht erkennbar. Zweifellos wird hier der Einfluß durch Ueberhitzungserscheinungen überdeckt.

× 250

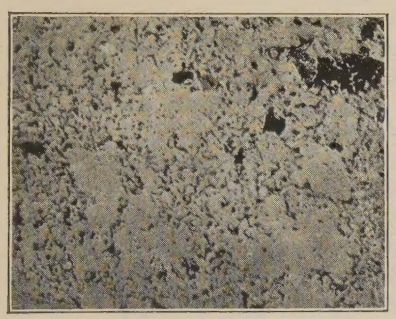

Abbildung F 1. Ungeätzt.

× 250

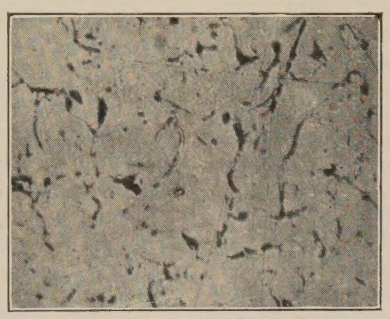

Abbildung F 2. Ungeätzt.

× 250

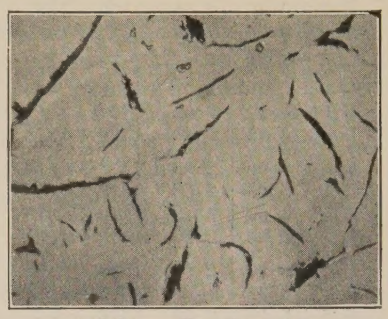

Abbildung F 3. Ungeätzt.

Sind als Schlackenbestandteile nur Kieselsäure und Tonerde gewählt, wie in den Versuchen der Gruppe E, so zeigt sich, daß, abgesehen von geringen Schwankungen in der chemischen Analyse, das Gefüge sehr demjenigen unter einer Kieselsäure-Kalk-Schlacke ähnelt. Anderseits finden sich, wie z. B. in Schmelze Abb. E 1 g_2, Ansätze zur feineutektischen Ausscheidung des Graphits. Die Schmelzen unter E neigen also zur feineutektischen Ausscheidung des Graphits, aber in nicht so ausgesprochenem Maße wie die Proben unter einer Tonerde-Kalk-Schlacke.

Die wahrgenommenen Erscheinungen der unterschied-

× 250

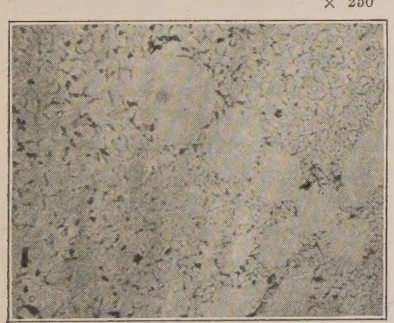

Abbildung F 4. Ungeätzt.

× 250

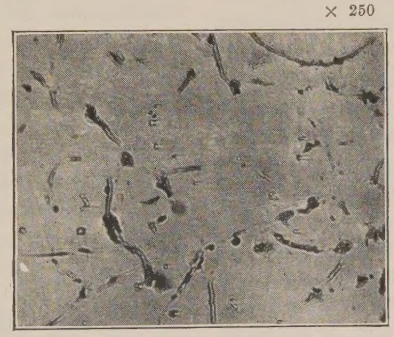

Abbildung F 6. Ungeätzt (1. Stelle).

× 250

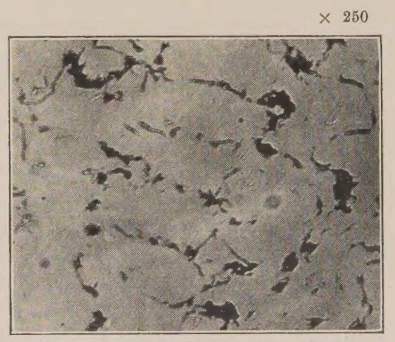

Abbildung F 6. Ungeätzt (2. Stelle).

Zahlentafel 3.

Gruppe und Nr. der Schmelzen	Gesamtversuchsdauer	Anheizzeit	Versuchstemperatur	Gießtemperatur	Abkühlungsgeschwindigkeit	Lage der thermischen Effekte	
						I	II
	st min	st min	°C	°C	°C/min		
A 1	5 00	2 25	1520	1320	13,25	1145	735
A 2	5 00	2 28	1510	1330	13,40	1150	735
A 3	5 00	2 54	1525	1130	17,04	1039	663
A 4	5 00	2 25	1541	1192	16,94	1039	674
A 5	gleiche Bedingungen, Werte nicht aufgezeichnet						
A 6	4 35	2 00	1525	1320	9,59	1140	749
B 1	—	2 10	1510	—	—	—	—
B 2	5 00	2 30	1546	1316	13,32	—	—
B 3	5 00	3 17	1515	—	—	—	—
B 4	5 00	2 23	1520	1383	13,00	1222	790
B 5	5 00	2 30	1530	1314	—	1196	785
B 6	5 00	2 37	1546	1201	12,53	1180	755
B 7	5 13	2 32	1608	1324	11,56	1103	730
B 8	5 25	2 40	1575	1175	11,00	1068	730
B 9	5 30	2 10	1585	1463	13,70	1257	760
B 10	5 28	3 07	1554	1334	10,42	1140	760
C 1	5 00	2 25	1509	1316	11,37	1161	779
C 2	5 00	2 13	1511	1293	12,30	1140	745
C 3	5 45	3 05	1533	1355	11,04	1165	765
C 4	5 10	2 09	1533	1239	11,27	1130	765
C 5	5 10	2 09	1588	1329	11,57	1135	745
C 6	5 00	2 15	1570	1385	10,85	1130	730
C 7	5 25	1 57	1576	1426	10,68	1145	740
C 8	5 10	2 25	1586	1324	9,90	1135	740
C 9	5 00	—	1580	1288	11,00	1095	720
D al	5 45	2 55	1559	1283	11,40	1070	—
D zn	5 00	2 30	1544	—	13,30	1132	745
D 1	5 50	2 36	1570	1247	13,30	1120	735
D 2	6 30	2 50	1570	—	—	1050	720
D 3	6 00	2 52	1564	—	—	980	720
D 4	5 55	2 48	1588	1278	13,01	1098	730
E 1	5 00	2 05	1515	1288	11,95	1165	765
E 2	5 00	2 00	1512	—	13,70	1140	745
E 3	6 00	3 13	1520	1315	12,50	1128	678
E 4	5 00	2 25	1533	1305	12,30	1124	685
F 1	5 20	2 30	1599	1152	13,10	1055	700
F 2	5 38	—	1564	1252	13,70	1103	755
F 3	5 20	3 50	1576	—	—	—	—
F 4	5 25	3 55	1566	1232	15,00	1080	700
F 5	5 20	3 48	1554	1237	16,00	1083	710
F 6	5 20	3 52	1554	1130	17,42	1075	695
F 7	5 10	3 10	1525	1118	—	1028	690
F 8	5 30	3 35	1564	1270	13,00	1098	720
K 1	4 36	3 05	1554	1030(?)	160,00	—	—
K 2	4 58	3 66	1564	—	184,00	—	—

lichen Graphitausbildung bei Anwendung verschiedener Schlacken könnten in Zusammenhang gebracht werden mit der beim Roheisen bekannten Vererbungstheorie. Diese besagt, daß ein von einem Hochofen erblasenes Eisen eine bestimmte Tendenz, zu erstarren, mit auf den Weg bekommt und diese Erstarrungsart bei Umschmelzungen weiter behält. Es ist denkbar, daß das bisher verwandte Eisen in der gefundenen unterschiedlichen Gefügeausbildung erstarrt, daß sich aber ein anderes dazu verschieden verhalten könnte. Um dies zu prüfen, sind die Schmelzen F 1 unter Tonerde-Kalk-Schlacke und F 2 unter Kieselsäure-Kalk-Schlacke hergestellt worden. Abb. F 1 zeigt feineutektisches Gefüge, während Abb. F 2 nadeligen gleichmäßig verteilten Graphit erkennen läßt.

Aus den letzten Versuchen geht also hervor:

1. Die Tonerde wirkt in dem Sinne auf das Gefüge von Roheisen ein, daß die Neigung besteht, feineutektischen Graphit mit dendritischer Anordnung der Mischkristalle aus der Schmelze entstehen zu lassen.
2. Der Einfluß der Tonerde wird durch Kalk erheblich verstärkt, ist aber nur bei höheren Gehalten an Kohlenstoff und Silizium vorhanden.
3. Nicht nur eine Ausgangschmelze zeigte dieses Ergebnis, sondern auch eine andere.

Konnte bei den verschieden zusammengesetzten Schlakken ein Unterschied in der Graphitausbildung festgestellt werden, so erscheint es im Hinblick auf die Praxis wichtig, zu wissen, ob bei Anreicherung einer vorhandenen Schlacke mit einem der Schlackenbestandteile ebenfalls diese Veränderung festzustellen ist. Dies wurde in den Schmelzen F 3 bis F 6 zu ermitteln versucht. In Abb. F 3 ist das Gefüge unter der als neutral anzusprechenden Schlacke zu erkennen. Es ist grobblättriger Graphit in Nadeln. Reichern wir diese Schlacke mit Kalk an, so sehen wir bereits feineutektische Ausbildung (Abb. F 4). Betrachten wir denselben Werkstoff unter derselben Ausgangschlacke, aber mit Tonerde angereichert, so ist (Abb. F 6, 1 und 2) an zwei Stellen einmal das alte Gefüge, an einer anderen Stelle ein Ansatz zur Bildung von Dendriten vorhanden. Wie zu erwarten ist, ist bei Anreicherung mit Kalk eine Abnahme an Silizium im Eisen festzustellen. Diese Abnahme ist für den unterschiedlichen Gefügeaufbau nicht verantwortlich zu machen, da bei Vergleichschmelzen selbst bei einem Siliziumgehalt von 3,35 % unter einer Tonerde-Kalk-Schlacke feineutektischer Graphit vorhanden ist (Abb. F 8).

× 250

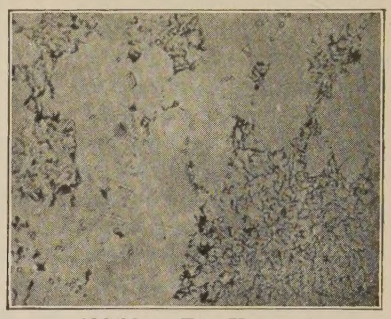

Abbildung F 8. Ungeätzt.

In der letzten Gruppe der Versuchschmelzen wurde bei K 1 und K 2 festzustellen versucht, ob der Einfluß der beiden verschiedenen Schlacken, die den gefundenen Unterschied besonders gut zeigen, bei Abschreckung aus höherer Temperatur bereits zu erkennen ist. Es zeigt sich hierbei, daß unter Tonerde-Kalk-Schlacken eine Unzahl dispers verteilter Kohlenstoffpünktchen vorhanden ist. Unter Kieselsäure-Kalk-Schlacke erkennt man eine ganze Reihe von Zementitnadeln, die bei späterem Zerfall wohl den Ursprung von Graphitnadeln bilden könnten.

Das Hauptergebnis der Arbeit ist demnach darin zu erblicken, daß Kieselsäure-Kalk-Schlacken, bei denen der Kieselsäuregehalt überwiegt, das vom Hochofen angelieferte Roheisen in seinem Gefügeaufbau und seiner Graphitausbildung nicht beeinflussen. Weiterhin wird bei Zunahme von Kalk oder Tonerde in der Schlacke ein Uebergang zur feineutektischen Erstarrung des Graphits bei dendritischer Ausbildung von Mischkristallen geschaffen, während unter reinen Kalk-Tonerde-Schlacken das zuletzt genannte Gefüge in ausgesprochenster Form auftritt.

Möglichkeiten, die das Ergebnis erklären können.

Für die weitere Entwicklung von Schlackenuntersuchungen in ihrer Wirkung auf Roheisen oder Gußeisen und für die praktische Auswertung des experimentellen Befundes ist es von Wichtigkeit, eine Erklärung für die in dieser Arbeit ermittelten Ergebnisse zu versuchen. Wie schon mitgeteilt, war der unter stark kalkhaltigen Schlacken verringerte Siliziumgehalt im Eisen nach dem Umschmelzen nicht die Ursache. Auch konnte die Annahme, daß bei der kohlenoxydhaltigen Ofenatmosphäre Spuren von Ton-

erde zu Aluminium reduziert würden, nicht zum Ziele führen. Ein dahin gehender Versuch mit Zugabe von Aluminium und Zink zeigte sogar die Abscheidung ganz groben Graphits bei gleichzeitigem starkem Anstieg des Graphitanteils (Schmelze D al, D zn). Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen Sawamuras[20]).

Wie sich aus Zahlentafel 3 erkennen läßt, sind auch die Temperaturen bei den einzelnen Schmelzen so weit gleichmäßig gehalten worden, daß die gefundenen Erscheinungen nicht auf Temperaturunterschiede oder einseitige Ueberhitzung bestimmter Proben zurückzuführen sind.

Zahlentafel 4. Analysen der Ofenatmosphäre (Stichproben).

Gruppe und Nr. der Schmelzen	Temperatur	CO_2 Vol.	O_2 Vol.	CO Vol.	N Vol.
	° C	%	%	%	%
A 1	100	15,20	8,00	5,00	71,80
	250	25,00	1,60	7,20	66,20
	830	9,40	0,20	29,10	61,30
	1140	4,00	—	30,20	65,80
	1200	3,60	—	35,20	61,20
	1450	0,40	—	40,00	59,60
A 2	100	15,60	8,20	5,50	70,70
	1100	4,00	—	32,00	64,00
	1430	0,45	—	39,50	60,05
B 1	250	15,20	8,60	6,20	70,00
	1100	4,50	1,00	34,00	60,50
	1400	0,40	—	40,60	59,00
B 4	100	15,80	8,00	4,50	71,70
	250	28,00	1,40	7,40	61,20
	850	10,00	0,10	30,20	59,70
	1100	3,50	—	36,10	60,40
	1440	0,20	—	41,00	58,80
B 5	100	14,80	9,00	4,20	72,00
	250	26,00	1,80	7,60	64,60
	800	8,60	0,30	30,20	60,90
	1000	6,20	0,20	31,20	62,40
	1300	3,40	—	35,60	61,00
	1400	0,30	—	40,40	59,30
C 3	100	13,50	9,00	6,00	71,50
	300	24,00	1,80	7,50	66,70
	900	8,00	0,30	30,20	61,50
	1200	3,50	—	36,20	60,30
	1400	0,50	—	39,50	60,00
D zn	100	16,40	7,80	5,40	70,40
	250	26,60	1,40	7,60	64,40
	900	9,20	0,10	30,20	60,50
	1100	3,00	—	32,60	64,40
	1400	0,30	—	39,20	60,50

Bei dieser Gelegenheit sei darauf hingewiesen, daß die Lage der Haltepunkte bei grober Graphitausscheidung und der feineutektischen bis zu 50° unterschiedlich sind, was die Arbeiten von F. Wüst und O. Petersen[21]) in Gegenüberstellung zu Hague und Turner[22]) bestätigt. Auch bei der Perlitumwandlung ist der Haltepunkt mit durchschnittlich 757° bei grobem und mit 735° für die feine Graphitabscheidung festgestellt worden.

Die Ofenatmosphäre, die viel Kohlenoxyd enthält (Zahlentafel 4), als Ursache für den Unterschied im Gefüge mit heranzuziehen, ist aus dem Grunde nicht angängig, weil bei Leerversuchen (hierbei war die Ofenatmosphäre durch einen gut gereinigten starken Stickstoffstrom verdrängt) eine Aenderung im Gefügeaufbau nicht festzustellen war.

Im Bereiche des versuchsmäßigen chemischen Nachweises liegt also eine Erklärung für das Ergebnis zunächst nicht vor. Diese Tatsache wird um so einschneidender, als auch für die physikalische bzw. physikalisch-chemische Untersuchung erhebliche Schwierigkeiten bestehen. Setzt man eine Beeinflussung der Oberflächenspannung des Eisens durch Spuren von Schlackenbestandteilen voraus, so sind doch Untersuchungen dieser Verhältnisse selbst mittels der Blasendruckmethode schon unterhalb von 1350° fast unmöglich.

Die spezifischen Wärmen, die bei den einzelnen Schlacken unterschiedlich sind, können einen Einfluß haben. Voraussetzung für eine Erklärung hierüber ist aber, daß eine genaue Vorstellung der im Schmelzfluß vorhandenen Verbindungen vorliegt, deren physikalische Daten ermittelt sind.

Die aus der physikalischen Chemie hergeleiteten Gesetze für den Gleichgewichtszustand, wie sie durch die Konstante des Massenwirkungsgesetzes (Lorenz und van Laar) und durch die Reaktionsisochore gegeben sind, erhellen den gefundenen Unterschied im Gefügeaufbau bei Anwendung verschiedener Schlacken zunächst auch nicht, zumal über die Löslichkeit des Graphits und auch des Zementits in der Schlacke wenig bekannt ist, was aber Voraussetzung für die Anwendung dieser Gesetze ist.

Eine vorläufige Erklärung der Ergebnisse mag folgende sein: Der Wärmeinhalt und die Wärmeleitfähigkeit sind bei den einzelnen Schlacken verschieden. Der Unterschied kann sich beim Versuch auswirken, wenn die Schmelze bei Versuchstemperatur mit dem Tiegel und der Schlacke aus dem Ofen genommen wird. In der darauf verstreichenden Zeit bis zum Guß kann verschieden starke Wärmeabgabe von der Schlacke zum Bade die Graphitabscheidung unterschiedlich beeinflussen.

Die Graphitabscheidung ist also nicht nur von der Ueberhitzung, Dauer des Schmelzens, Abkühlungsgeschwindigkeit, Gießgeschwindigkeit und Konzentration abhängig, sondern auch innerhalb des angegebenen Konzentrationsbereiches von der Schlackenzusammensetzung.

Für die Praxis kann gefolgert werden, daß auch im Schmelzbetrieb unter ähnlichen Bedingungen bei Fortfall der Anwendung der bisherigen Verfahren zur Erzielung eines besseren Gußeisens lediglich durch Einstellung einer bestimmten Schlacke auf ein gewünschtes Gefüge im Guß hingearbeitet werden kann. Allerdings ist der Anwendung so reiner und weniger Schlackenbestandteile, wie es bei den vorliegenden Versuchen geschehen mußte, durch das natürliche Vorkommen dieser Stoffe eine Grenze gesetzt. Wieweit Verunreinigungen und hier noch nicht untersuchte Schlackenbestandteile das entworfene Bild verändern, ist weiteren Untersuchungen vorbehalten. Dabei wird auch festzustellen sein, welches Schmelzverfahren sich für diese Art Schlackenarbeit besonders eignet.

Zusammenfassung.

An Hand von Schmelzversuchen in ausgekleideten Graphittiegeln wird ein Einfluß von Kieselsäure-Tonerde-Schlacken und Tonerde-Kalk-Schlacken gegenüber Kieselsäure-Kalk-Schlacken festgestellt. Es besteht unter Schlacken mit viel Kalk und Tonerde größte Neigung des Eisens, nach dem instabilen System mit feineutektischer Anordnung des Graphits in der Restschmelze zu erstarren. Die Kieselsäure-

[20]) Newa Coll. of eng. Kyoto Univ. IV, 4 (1926).
[21]) Wüst und Petersen: Metallurgie 1906, Bd. 3, S. 811.
[22]) Hague und Turner: Journ. of the Iron and Steel Inst., 1913, S. 311.

Kalk-Schlacke verändert die Graphitausbildung, wie sie vom Ursprungseisen übernommen ist, nicht, wobei die Art der Graphitausbildung selbst, ob wurmartig, nadelig oder wirbelig, hiervon nicht betroffen wird. Für die Praxis wird gefolgert, daß, außer mit den Verfahren zur Herstellung eines Sondergusses, es durch Schmelzen unter einer bestimmten Schlacke möglich wird, auf ein gewolltes Gefüge im Guß hinzuarbeiten. Auf die Möglichkeiten einer Erklärung der Ursachen der gefundenen Unterschiede wird hingewiesen.

* * *

Es sei mir gestattet, an dieser Stelle Herrn Professor E. Diepschlag für seine freundliche Hilfe und Anregung zu dieser Arbeit meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Leonhard Treuheit, bin am 19. März 1902 in Mahlstatt-Burbach bei Saarbrücken geboren. Nach dem Besuch der Bürgerschule in Düsseldorf legte ich im Jahre 1922 am Rethelgymnasium das Abiturientenexamen ab. Danach arbeitete ich als Former bei dem Eisen- und Stahlwerk G. J. Jaeger in Elberfeld, um im Jahre 1929 das Diplomexamen mit Gut abzulegen. In der Zwischenzeit praktizierte ich als Werkstudent bei der Firma Hoesch in Dortmund und bei den Vereinigten Stahlwerken in Duisburg-Meiderich. Seit dieser Zeit beschäftigte ich mich mit der vorliegenden Arbeit.

Druck von A. Bagel Aktiengesellschaft in Düsseldorf.